

青春期学生膳食钙和蛋白质对骨量的影响

吴非同 胡小琪 檀倩影 左娇蕾 王晓君 卢佳希 黄振武 张倩

中图分类号: R151.4⁺3 文献标识码: A 文章编号: 1006-7108(2011)10-0863-05

摘要: **目的** 探索北京郊区青春期学生的膳食钙及蛋白质摄入与全身和股骨颈骨量之间的关系。**方法** 多层随机整群抽样的方法,选取北京怀柔区 342 名 12~16 岁学生(男生 170 人,女生 172 人)。采用 3d24h 膳食回顾调查问卷了解膳食摄入情况。采用双能 X 线骨密度测量仪(Dual-energy X-rays absorptiometry, DXA)测量全身及股骨颈骨量。**结果** 研究对象平均每天膳食钙和蛋白质摄入量分别为 316mg 和 70g。多元逐步回归分析发现:无论低钙组或高钙组中,体重和身高都是全身和股骨颈骨密度(bone mineral density, BMD)、骨矿物含量(bone mineral content, BMC)的主要影响因素,其他影响因素还包括性别、年龄、能量和钙、蛋白质、脂肪、碳水化合物及铁等营养素。调整性别、年龄、身高等混杂因素时,全身 BMD、BMC 在高钙低蛋白组最高(分别为 0.804 g/m², 2010 g),而在低钙高蛋白组最低(分别为 0.708 g/m², 1660 g; $P < 0.05$)。股骨 BMD 在高钙低蛋白组(0.809 g/m²)最高, BMC 在低钙低蛋白组(3.8g)最高,而两者均在高钙高蛋白组最低(0.752 g/m², 3.51g; $P < 0.05$)。进一步调整体重后,上述差异的显著性消失。**结论** 除性别和年龄等不可控因素外,对北京郊区学生全身和股骨颈骨量影响最大的是体重和身高。对于钙摄入量不足的北京郊区青春期少年,高蛋白、低钙饮食通过影响体重的变化间接地对全身和股骨颈 BMD、BMC 产生不利影响。

关键词: 青春期; 钙; 蛋白质; 骨量

The effects of dietary calcium and protein intake on bone mass in adolescents in Beijing WU Feitong, HU Xiaoqi, TAN Qianying, et al. Institute of Nutrition and Food Safety, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China

Corresponding author: ZHANG Qian, Email: zhangq-99@263.net

Abstract: **Objective** To explore the relationship between dietary calcium and protein intake and bone mass of the total body and the femur in adolescents of rural area of Beijing. **Methods** A total of 342 12-16-year-old students (170 boys and 172 girls) in Huairou district, Beijing, were selected using multi-layer random cluster sampling method. A consecutive 3-day-food questionnaire was used to understand the dietary intake. Dual energy X-ray absorptiometry (DXA) was used to measure the bone mass of total body and the femur. **Results** The mean daily intakes of dietary calcium and protein were 316mg and 70g, respectively. Multiple stepwise regression analysis showed that either in low calcium intake or high calcium intake group, body weight and height were main influential factors of BMD and BMC of total body and the femoral neck. Other influential factors included gender, age, energy, calcium, protein, fat, carbohydrate, iron, and other nutrient intakes. Under unadjusted factor conditions, the total body BMD and BMC were highest in high-calcium and low-protein group (0.804 g/m², 2010 g, respectively), but were lowest in low-calcium and high-protein group (0.708 g/m², 1660 g; $P < 0.05$). BMD of the femoral neck was highest in high-calcium and low-protein group (0.809 g/m²), and BMC of the femoral neck was highest in low-calcium low-protein group (3.8g). The lowest BMD and BMC appeared in high-calcium and high-protein group (0.752 g/m², 3.51g, respectively, $P < 0.05$). However, after adjusting for gender, age, height, and other confounding factors, the difference was still significant. After further adjustment of body weight, the above differences

基金项目: 国家科技支撑课题(2008BAI58B02)

作者单位: 100050 北京, 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所(吴非同、胡小琪、左娇蕾、王晓君、卢佳希、黄振武、张倩); 广西医科大学公共卫生学院(檀倩影)

通讯作者: 张倩, Email: zhangq-99@263.net

were not significant. **Conclusion** Except gender, age, and other uncontrollable factors, body weight and height are the most important factors of bone mass of total body and the femoral neck in adolescents of rural Beijing. High protein and low calcium intake may have a negative impact on BMD and BMC of the total body and the femoral neck, in adolescents of rural Beijing with insufficient calcium intake, by influencing their body weights.

Key words: Adolescence; Calcium; Protein; Bone mass

青春期是身体发育的重要时期,骨骼是身体的重要组成部分,其发育程度能说明全身的发育情况,而骨骼的生长发育受到多种因素的影响,营养因素的作用尤为重要。钙和蛋白质均为人体骨骼的重要组成部分,青春期少年膳食钙和蛋白质摄入情况对其骨骼的发育有重要作用。

有研究^[1,2]表明膳食蛋白质摄入量与骨健康之间的关系可能受到钙摄入量的影响。本研究旨在调查北京郊区青春期少年的膳食蛋白质和钙及其他营养素的摄入情况,并测量其股骨及全身的骨量指标,研究在不同膳食钙摄入水平下蛋白质摄入对骨量指标的影响。

1 材料和方法

1.1 对象

采用多层随机抽样的方法,随机选取了北京郊区怀柔区,在怀柔区所有的初中学校中随机选取了 3 所学校,在 3 所学校的全部初一和初二学生中随机抽取学生,共获得 342 人作为研究对象,入选和排除条件如下:

入选标准包括年龄在 12 ~ 16 岁之间、身体健康。

排除标准包括调查前 1 年内患有肝脏疾病、肾脏疾病、骨骼系统疾病、糖尿病、甲状腺功能亢进或不足、其他内分泌疾病者。

本研究经中国疾病预防控制中心营养与食品安全所伦理评审委员会审批同意,并由学生家长签署了知情同意书。

1.2 研究方法

1.2.1 问卷调查:使用统一编制的《学生基本资料调查表》调查研究对象的一般情况。使用 3d24h 膳食回顾调查表调查研究对象膳食摄入情况,包括餐次、食物种类和重量等。根据 2002 年及 2004 年食物成分表^[3,4]计算每日膳食中能量和各种营养素的摄入量。

调查员在学生填写调查问卷前详细讲解问卷填写方式及注意事项,在学生填写问卷过程中巡视现

场答卷的情况,注意问卷中容易出错的题目,遇到学生漏填、错填时,立即给予解释说明并纠正,并随时解答提出的问题;问卷回收后及时核查。

1.2.2 骨量的测量:采用美国 NORLAND 公司的 XR-46 双能 X 线骨密度测量仪 (Dual-energy X-rays absorptiometry, DXA) 测定全身和股骨的骨矿物含量 (bone mineral content, BMC) 和骨面积 (bone area, BA),并计算骨密度 ($BMD, g/cm^2$) = $BMC (g) / BA (cm^2)$ 。

骨密度测量仪的所有操作由两名固定的专职技师负责。检查时被测对象不能佩戴任何影响骨密度测量的可明显吸收 X 线的不通透物体 (如金属、石头和塑料等),保持静止状态;每天扫描前要进行仪器质量控制扫描,变异系数 CV 在 0.56% ~ 0.65% 间。

1.2.3 体格检查:由经过统一培训的专业的调查员完成。身高测量:使用国产身高计测量身高,测量时被测量者脱去鞋,身着贴身轻薄的衣裤立于踏板上,取立正姿势,结果记录到 0.1cm。体重测量:使用日本产 HD-366 电子健康称测量清晨空腹体重,测量时要求被检查只穿贴身轻薄的衣裤,结果记录到 0.1kg。计算体质指数 ($BMI, kg/m^2$) = $体重 (kg) / 身高^2 (m^2)$ 。

1.3 统计学处理

用 Epidata 3.0 建立数据库进行数据录入,用 SAS8.2 进行数据分析。采用 *t* 检验比较一般情况中不同性别间的差异。采用多元线性回归分析各影响因素与骨量指标之间的关系。按照被研究对象钙摄入量中位数将其分为低钙组和高钙组,然后分别以骨量指标为因变量,以年龄、性别、身高、体重及钙、蛋白质、锌、碳水化合物等营养素为自变量,按照引入和剔除的显著水平均为 0.2 做多元线性回归分析。将研究对象按照被研究对象的摄入蛋白质与其体重比值的中位数划分为低蛋白组和高蛋白组。综合上述两种分组方法将研究对象分为低钙低蛋白、低钙高蛋白、高钙低蛋白及高钙高蛋白 4 组,组间比较采用协方差分析,并调整可能的混杂因素。

显著性检验水准取 $\alpha = 0.05$, 即 $P < 0.05$ 将被认为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 人群的一般情况和骨量及其他指标(见表 1)

表 1 人群的一般情况和骨量及其他指标比较($\bar{x} \pm s$)

	男($n=170$)	女($n=172$)	P 值
年龄(y)	13.1 $\pm$ 0.7	13.1 $\pm$ 0.6	0.547
身高(cm)	157.2 $\pm$ 8.3	154.9 $\pm$ 6.0	0.006**
体重(kg)	47.6 $\pm$ 11.2	47.2 $\pm$ 10.2	0.717
体质指数(kg/m ²)	19.11 $\pm$ 3.31	19.61 $\pm$ 3.69	0.204
全身 BMD(g/m ²)	0.742 $\pm$ 0.080	0.767 $\pm$ 0.079	0.007**
全身 BMC(g)	1841 $\pm$ 338	1869 $\pm$ 293	0.427
股骨颈 BMD(g/m ²)	0.782 $\pm$ 0.103	0.774 $\pm$ 0.116	0.523
股骨颈 BMC(g)	3.80 $\pm$ 0.67	3.52 $\pm$ 0.67	0.000**
钙摄入量(mg)	308.7 $\pm$ 165.4	333.7 $\pm$ 227.3	0.273
蛋白质摄入量(g)	73.8 $\pm$ 36.9	68.1 $\pm$ 42.0	0.205
蛋白质与体重比值(g/kg)	1.62 $\pm$ 0.96	1.53 $\pm$ 1.13	0.441

注:组间比较采用 t 检验,*代表 $P < 0.05$,**代表 $P < 0.01$

研究对象的年龄、身高、体重的均值分别为 13.1 岁、156.0cm 和 47.5kg。男生身高及股骨颈

BMC 高于女生,女生全身 BMD 高于男生,差异有统计学意义($P < 0.05$),其他指标男、女之间的差异无统计学意义。膳食钙和蛋白质摄入量的均值分别为 316mg 和 70g。

2.2 全身 BMC 和 BMD 的影响因素(见表 2)

低钙组研究对象,影响全身 BMD、BMC 的因素主要为性别、年龄、体重、身高、能量、碳水化合物和钙,其中碳水化合物对全身 BMC 表现为负作用。高钙组中,影响全身 BMD、BMC 的因素主要为性别、体重、身高和铁,其中铁对全身 BMD、BMC 表现为负作用。

2.3 股骨颈 BMD 和 BMC 的影响因素(见表 3)

低钙组研究对象,影响股骨颈 BMD、BMC 的因素主要为性别、体重、身高和钙,其中性别为女性是股骨颈 BMC 的不利因素。高钙组中,影响股骨颈 BMD、BMC 的因素主要为体重、身高、蛋白质、脂肪、钙、碳水化合物和铁,其中蛋白质和铁对股骨颈 BMD、BMC 表现为负作用。

表 2 不同钙摄入水平时全身 BMD 和 BMC 影响因素

分组	影响因素	全身 BMD			全身 BMC		
		β^1	P	R^2	β	P	R^2
低钙组	171 性别	18.32	0.021	0.6861	52.778	0.035	0.8212
	年龄	13.55	0.020		58.484	0.001	
	体重	7.05	<0.0001		22.869	<0.0001	
	身高	-1.21	0.108		11.258	<0.0001	
	能量	0.04	0.049		0.179	0.022	
	碳水化合物	0.27	0.029		-0.996	0.007	
	钙	0.26	0.010		1.056	0.001	
高钙组	171			0.6313			0.7783
	性别	34.08	<0.0001		82.432	0.001	
	体重	4.65	<0.0001		15.138	<0.0001	
	身高	1.57	0.082		16.944	<0.0001	
	铁	-1.67	0.000		-2.401	0.003	

注:¹ β 是在 BMD 单位为 mg/cm² 时取得

表 3 不同钙摄入水平时股骨颈 BMD 和 BMC 影响因素¹

分组	n	影响因素	股骨颈 BMD			股骨颈 BMC		
			β^3	P	R^2	β^3	P	R^2
低钙组	171	性别	- ²	-	0.1843	-271.6	0.004	0.3417
		体重	4.6	0.000		28.2	0.000	
		钙	7.1	0.095		-	-	
		身高	-	-		17.3	0.034	
高钙组	171	体重	2.0	0.023	0.2846	11.1	0.016	0.4461
		身高	4.7	0.001		38.8	0.000	
		蛋白质	-0.7	0.004		-3.2	0.03	
		脂肪	- ²	-		-3.7	0.010	
		碳水化合物	0.2	0.041		2.3	0.000	
		钙	0.2	0.008		1.3	0.001	
		铁	-2.2	0.026		-20.9	0.000	

注:¹ $P < 0.05$ 表示差异有统计学差异;²-没有显著性;³ β 是在 BMD 和 BMC 单位分别为 mg/cm² 和 mg 时取得

2.4 股骨颈及全身 BMD、BMC 四组间比较(见表 4)

协方差分析结果发现,全身 BMD、BMC 均是高钙低蛋白组最高(0.804 g/m²,2010 g),低钙高蛋白组最低(0.708 g/m²,1660 g),两组差别达到 13.6% 和 21.1% ($P < 0.05$)。股骨颈 BMD 以高钙低蛋白

组最高(0.809 g/m²),高钙高蛋白组最低(0.752 g/m²),二者相差 7.6% ($P < 0.05$);股骨颈 BMC 以低钙低蛋白组最高(3.8g),高钙高蛋白组最低(3.51g),二者相差 8.3% ($P < 0.05$)。调整性别、年龄、身高等混杂因素时,上述差异仍然显著;而进一步调整体重后,上述差异的显著性消失。

表 4 不同钙和蛋白质摄入时全身和股骨颈骨密度及骨矿物含量比较($\bar{x} \pm s$)

	股骨颈 BMD	股骨颈 BMC	全身 BMD	全身 BMC
未调整				
低钙低蛋白组	0.793 $\pm$ 0.010 ^{a,c}	3.8 $\pm$ 0.07 ^a	0.770 $\pm$ 0.007 ^a	1932 $\pm$ 29.16 ^a
低钙高蛋白组	0.761 $\pm$ 0.016 ^{a,d}	3.58 $\pm$ 0.10 ^{a,b}	0.708 $\pm$ 0.012 ^b	1660 $\pm$ 46.00 ^b
高钙低蛋白组	0.809 $\pm$ 0.016 ^{b,c}	3.77 $\pm$ 0.10 ^a	0.804 $\pm$ 0.011 ^c	2010 $\pm$ 4.96 ^{a,c}
高钙高蛋白组	0.752 $\pm$ 0.010 ^d	3.51 $\pm$ 0.06 ^{b,c}	0.739 $\pm$ 0.007 ^d	1792 $\pm$ 28.89 ^d
调整性别、年龄、身高和体重				
低钙低蛋白组	0.783 $\pm$ 0.010	3.72 $\pm$ 0.06	0.757 $\pm$ 0.005	1869 $\pm$ 15.21
低钙高蛋白组	0.788 $\pm$ 0.016	3.77 $\pm$ 0.09	0.747 $\pm$ 0.008	1835 $\pm$ 24.45
高钙低蛋白组	0.788 $\pm$ 0.016	3.63 $\pm$ 0.09	0.765 $\pm$ 0.008	1862 $\pm$ 23.95
高钙高蛋白组	0.760 $\pm$ 0.010	3.57 $\pm$ 0.06	0.751 $\pm$ 0.005	1842 $\pm$ 14.93

注:组间比较采用协方差分析;^{a, b, c, d}不同字母表示组间比较 $P < 0.05$

3 讨论

钙是人体骨骼的重要组成部分,与骨量的关系较为密切,是达到峰值骨量的物质基础,充分的钙摄入是保证青春期骨密度充分积累的有效途径。本研究中,钙摄入量与全身 BMD、BMC 及股骨颈 BMD、BMC 呈正相关。中国营养学会提出 11 ~ 14 岁儿童青少年的钙适宜摄入量为 1000mg/d^[5],本研究中高钙组和低钙组钙摄入量分别为 441mg/d 和 194mg/d,分别仅达到适宜摄入量的 44.1% 和 19.4%。而研究对象平均每日蛋白质摄入量为 68 ~ 74g,基本与该年龄段推荐摄入量相符(70g/d^[5])。

蛋白质是构成骨基质的主要成分,蛋白质摄入过低,影响骨质合成,摄入过高则促进尿钙排出,从而减少钙储留,影响钙的生物利用率^[6-8]。本研究观察到,调查中的蛋白质摄入量与高钙组(平均钙摄入量也仅为 441mg/d)的股骨颈 BMD、BMC 呈负相关;未调整混杂因素时,全身骨量指标在高钙低蛋白组最高,而低钙高蛋白组最低;而股骨颈 BMD 和 BMC 分别在高钙低蛋白组和低钙低蛋白组最高,均为高钙高蛋白组最低。目前关于膳食蛋白质摄入对人体骨量的作用争议较多。有研究发现,对于生长发育中的儿童少年,蛋白质摄入不足是其骨骼发育迟缓及骨量低下的重要影响因素^[9],而在蛋白质摄入不足的中老年人中增加蛋白质摄入量会降低髋

部骨折的危险性^[10],在儿童中蛋白质摄入不足和臀部骨折的危险性是否有类似关系仍需进一步研究。

蛋白质对骨量的作用还受到多种因素的影响,其中钙的摄入量可能起着重要作用。Meyer 等^[2]的研究表明,在大多数挪威妇女中,蛋白质摄入与臀部骨折没有明显联系,但在钙摄入量较低(400 mg/d)时,高蛋白摄入与臀部骨折危险性的增加有关。流行病学研究^[1]表明充足的钙摄入可以限制过量蛋白质对骨骼的不良影响。另外还有研究表明高蛋白的摄入对骨量有不利影响^[11-13],尤其是在钙摄入量较低的人群。一项针对北京青春期女生(平均年龄 10.1 岁)的五年研究^[14](包括两年补充牛奶的干预研究和三年的随访研究)发现,钙摄入量低的女生,高蛋白摄入对骨量的增长有负作用。一项针对广西柳州地区的研究^[15]也发现青春期女性骨量与蛋白质的摄入量呈负相关,其研究对象钙平均摄入量为 282.6 mg/d、蛋白质平均摄入量为 42.2 g/d。本研究中高钙摄入组(441mg/d)及低钙摄入组(194mg/d)的钙摄入量均处在较低水平,这可能是本研究未观察到高蛋白摄入改善青春期儿童骨量的原因之一。

本研究多因素分析发现,除年龄和性别等不可控因素以外,体重和身高对儿童少年骨量的影响最大。国内有研究^[16,17]表明北京地区青春期学生体重和身高对其 BMD 均有影响,其中体重对 BMD 的

影响更大。曾宏毅等^[18]对广西柳州地区青春期中生的研究也发现体重是青春期学生骨量的主要决定因素之一。体重增加对提高 BMD 的作用可能是承重性外力对骨骼的作用。体重是一种机械负荷因素,体重大者承受的负荷也大,相应的骨密度也高^[19],这也是符合力学原理的。分析钙与蛋白质摄入对骨量的影响时,进一步调整体重后显著性消失,可能由于钙和蛋白质通过影响体重增长从而间接作用于股骨颈和全身骨量。

本研究表明充分的膳食钙摄入可以促进北京郊区青春期儿童少年骨量增长,而在钙摄入量不足情况下,过多蛋白质可能对北京郊区青春期学生的骨量产生不利影响。因此鼓励增加钙摄入,以期改善骨量情况,使其在青春期达到较高水平。建议开展更多的研究,进一步探讨在钙摄入量充足时我国儿童少年蛋白质摄入量与骨量关系。

【参 考 文 献】

- [1] C. W, D. W, K. H, et al. The relation between dietary protein, calcium and bone health in women: results from the EPIC-Potsdam cohort. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 2005,49:312-318.
- [2] HE M, JI P, A. T, et al. Dietary factors and the incidence of hip fracture in middle-aged Norwegians. *American Journal Epidemiology*, 1996,145:117-123.
- [3] 杨月欣,主编. 中国食物成分表 2002. 北京:北京大学医学出版社,2002.
- [4] 杨月欣,主编. 中国食物成分表 2004. 北京:北京大学医学出版社,2004.
- [5] 葛可佑,主编. 中国居民膳食营养素参考摄入量 Chinese DRIs. 北京:中国轻工业出版社,2000.
- [6] Margen S, Chu JY, Kaufmann NA, et al. Studies in calcium metabolism. I. The calciuretic effect of dietary protein. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 1974,27:584-589.
- [7] Chu JY, Margen S, Costa FM. Studies in calcium metabolism. II. Effects of low calcium and variable protein intake on human calcium metabolism. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 1975,28:1028-1035.
- [8] Bengoa JM, Sitrin MD, Wood R, et al. Amino acid-induced hypercalciuria in patients on total parenteral nutrition. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 1983,38:264-269.
- [9] Rizzoli R, Ammann P, Chevalley T, et al. Effects of dietary protein insufficiency on the skeleton. *Nutritional aspects of bone health*, 2003:193-212.
- [10] Brown JP, Josse RG. 2002 clinical practice guidelines for the diagnosis and management of osteoporosis in Canada. *Canadian Medical Association or its licensors*, 2002,167:s1-s34.
- [11] LA F, KM T, Jr MR, et al. Worldwide incidence of hip fracture in elderly women: relation to consumption of animal and vegetable foods. *The Journals of Gerontology; Series A*, 1999,55:M585-M592.
- [12] A. S, DE. S, KL. S, et al. Dietary ratio of animal to vegetable protein and rate of bone loss and risk of fracture in postmenopausal women. *American Society for Clinical Nutrition*, 2001,74:411-412.
- [13] DE. S, KL. S, A. S, et al. A high ratio of dietary animal to vegetable protein increases the rate of bone loss and the risk of fracture in postmenopausal women. *Study of Osteoporotic Fractures Research Group. American Society for Clinical Nutrition*, 2001,73:118-122.
- [14] Zhang Q, Ma G, Greenfield H, et al. The association between dietary protein intake and bone mass accretion in pubertal girls with low calcium intakes. *British Journal of Nutrition*, 2009,103:714-723.
- [15] 曾鸿毅,余佩玲,李兵,等. 青春期女性骨量影响因素分析. *山东医药*,2010,50:15-16.
- [16] 杜维婧,张倩,胡小琪,等. 北京郊区青春期中学生全身骨量影响因素研究. *中国骨质疏松杂志*,2006,10:475-478.
- [17] 刘加昌,欧阳巧洪,张瑾,等. 身高、体重对青少年骨密度的影响. *中国临床康复*,2002,6:3226-3227.
- [18] 曾鸿毅,余佩玲,李兵,等. 青春期学生骨量影响因素的研究. *热带医学杂志*,2010,10:72-75.
- [19] 马锦富,王文志,陈琳等. 体重、身高对成都地区青壮年腰椎、髌部骨量的影响. *中国骨质疏松杂志*,2002,02:118-120.

(收稿日期:2011-05-13)

青春期学生膳食钙和蛋白质对骨量的影响

作者: 吴非同, 胡小琪, 檀倩影, 左娇蕾, 王晓君, 卢佳希, 黄振武, 张倩
作者单位: 吴非同, 胡小琪, 左娇蕾, 王晓君, 卢佳希, 黄振武, 张倩(中国疾病预防控制中心营养与食品安全所, 北京, 100050), 檀倩影(广西医科大学公共卫生学院)
刊名: 中国骨质疏松杂志 
英文刊名: Chinese Journal of Osteoporosis
年, 卷(期): 2011, 17(10)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zggzsszz201110004.aspx